Journal of Agricultural Machinery
Vol. 10, No. 2, Fall- Winter 2020, p. 313-323

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۹، ص ۳۲۳-۳۱۳

اثر خاک‌ورزی بین ردیفی بر عملکرد و کارآیی مصرف آب چغندرقند

احمد حیدری[۱*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۵

چکیده

تراکم خاک موجب کاهش خلل و فرج خاک و در نتیجه افزایش مقاومت و چگالی ظاهری خاک می‌شود. اگر بعد از کاشت، بین ردیف‌ها مجدداً خاک‌ورزی انجام شود، می‌تواند اثرات مثبتی بر کاهش فشردگی خاک و همچنین بر عملکرد محصول داشته باشد. این تحقیق به مدت دو سال (۱۳۹۶-۱۳۹۵) با هدف خاک‌ورزی بین ردیفی به‌منظور کاهش اثرات منفی تراکم خاک و نیز نرم کردن خاک اطراف ریشه چغندرقند در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اکباتان همدان با خاکی لومی و در قالب طرح آزمایشی کرت‌های یک‌بار خرد شده در سه تکرار اجرا شد. آبیاری در دو سطح شامل: ۱۰۰درصد نیاز آبی گیاه (I_1) و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه (I_2) به‌عنوان عامل اصلی و خاک‌ورزی بین ردیفی در چهار سطح شامل: کولتیواتور مرکب مجهز به تیغه‌های هلالی و قلمی به عمق ۲۵-۲۰ سانتی‌متر (T_1)، کولتیواتور هلالی (T_2)، کولتیواتور هلالی+ نیمه‌زیرشکن به عمق ۳۵-۳۰ سانتی‌متر (T_3) و ماشین مرکب روتیواتور بین ردیفی مجهز به کولتیواتور دوار و تیغه پنجه‌غازی به عمق ۲۵-۲۰ سانتی‌متر (T_4) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. در حین آزمایش برخی خواص فیزیکی خاک شامل چگالی ظاهری و شاخص مخروط خاک در کف جویچه اندازه‌گیری شدند. در پایان فصل رشد، عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید اندازه‌گیری و محاسبه شدند. نتایج نشان داد که اثر روش‌های خاک‌ورزی بین ردیفی بر شاخص‌های چگالی ظاهری خاک و شاخص مخروط خاک معنی‌دار شدند و تیمار T_3 (کولتیواتور هلالی+ نیمه‌زیرشکن به عمق ۳۵-۳۰ سانتی‌متر) نسبت به بقیه تیمارها کمترین مقدار چگالی ظاهری و شاخص مخروط خاک داشتند. اثر روش‌های خاک‌ورزی بین ردیفی و سطوح آبیاری و نیز اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد ریشه و شکر سفید معنی‌دار نبودند. نتایج نشان داد که اثر خاک‌ورزی بین ردیفی بر کارآیی مصرف آب معنی‌دار نبود. اثر نیاز آبی بر کارآیی مصرف آب بر اساس عملکرد شکر و شکر سفید معنی‌دار بود. نیاز آبی ۷۵ درصد نسبت به نیاز آبی ۱۰۰ درصد، کارآیی مصرف آب بر اساس عمکرد ریشه، شکر و شکر سفید را به‌ترتیب ۴، ۱۴ و ۷ درصد افزایش داد. بنابراین با هدف کاهش مصرف آب و عدم کاهش معنی‌دار عملکرد، می‌توان پس از استقرار گیاه حدود ۲۵٪ مصرف آب را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: تراکم خاک، چغندرقند، زیرشکنی بین ردیفی، کولتیواتور، نیاز آبی

مقدمه

سطح زیر کشت چغندرقند در کل کشور در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، ۱۴۰۸۲۱ هکتار بوده که استان همدان با سطح زیر کشت ۸۴۲۶ هکتار و تولید ۵۵۸۵۰۲ تن، ششمین استان در کشور از نظر سطح زیر کشت و تولید می‌باشد (Ahmadi *et al*., 2018). نیاز آبی چغندرقند نسبتاً زیاد است (Haghayeghi *et al*., 2005). میزان آب مصرفی چغندرقند در منطقه همدان با سیستم آبیاری بارانی حدود ۱۰۰۰۰ متر مکعب در هکتار گزارش شده است (Mirzaei and Rezvani, 2012). استفاده بیش از حد از ماشین‌های کشاورزی سنگین موجب تراکم خاک می‌شود (Hamza and Anderson, 2005). از طرفی تراکم خاک، مقاومت و چگالی ظاهری خاک را افزایش داده و نفوذ آب و هوا به خاک را کاهش می‌دهد و نتیجه آن اثرات منفی بر توسعه ریشه و فعالیت میکروبی خواهد بود (Nawaz *et al*., 2013). وقتی توسعه ریشه محدود شود، حجمی از ریشه که می‌تواند آب و مواد غذایی را جذب کند کاهش می‌یابد (Sojka *et al*., 1993) و این عوامل در نهایت ممکن است باعث کاهش عملکرد محصول شوند. حال اگر بتوان با نرم کردن خاک اطراف ریشه از طریق انجام خاک‌ورزی مناسب، نفوذ ریشه را زیاد و مقدار مصرف آب را کم نمود به‌طوری‌که به عملکرد چغندرقند خللی وارد نشود، از نظر اقتصادی حائز اهمیت خواهد بود. افضلی‌نیا و همکاران (Afzalinia *et al*., 2008) در تحقیقی اثر استفاده از انواع کولتیواتور را بر عملکرد چغندرقند بررسی نمودند. نتایج تحقیق نشان داد که از نظر عملکرد ریشهٔ چغندرقند و عیار قند هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود ندارد. اختلاف تیمارها از نظر درصد شکر استحصالی، نیتروژن مضر و مقدار سدیم موجود در ریشه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. تحقیقات نشان داده است که استفاده از عملیات زراعی بعد از زیرشکنی باعث تراکم دوباره خاک می‌شود و در نتیجه مزیت

۱- بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: heidari299@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jam.v10i2.76864

به‌کارگیری زیرشکن کاهش یا کاملاً از بین می‌رود (Larney and Fortune, 1986).

زیرشکنی قبل و بعد از کاشت در تعدادی از محصولات ردیفی مطالعه شده است. زیرشکنی بین ردیفی قبل از کاشت باعث افزایش عملکرد چغندرقند (Henriksen *et al.*, 2005)، عملکرد سیب‌زمینی (Pierce and Burpee, 1995; Sojka *et al.*, 1993) و ذرت (Chancy and Kamprath, 1982) شد. نتایج چندین مطالعه نشان داد که زیرشکنی بین ردیفی در محصولات سیب‌زمینی و ذرت، مصرف آب را کاهش داد (Ibrahim and Miller, 1989; Miller and Martin, 1990; Ross, 1986).

زیرشکنی بین ردیفی بعد از کاشت اثر منفی بر رشد و عملکرد چغندرقند داشت (Henriksen *et al.*, 2005)، در حالی‌که در مورد محصول سیب‌زمینی گزارش‌های متناقضی در خصوص اثر خاک‌ورزی بین ردیفی بعد از کاشت بر عملکرد سیب‌زمینی ارائه شده است. فرایسلبن (Friessleben, 1981) گزارش نمود که زیرشکنی داخل ردیف در سیب‌زمینی هنگامی که ارتفاع گیاه حدود ۲۵ سانتی‌متر بود، باعث کاهش جزیی عملکرد شد، در حالی‌که گزارش‌های دیگر محققین حاکی از افزایش عملکرد سیب‌زمینی با انجام زیرشکنی بین ردیفی بعد از کاشت بود (Heidari *et al.*, 2014; Ekelöf *et al.*, 2015). تحقیقات نشان داد که زیرشکنی بین ردیفی بعد از کاشت موجب کاهش مقاومت خاک در محصول سیب‌زمینی (Heidari *et al.*, 2014; Guaman *et al.*, 2016) و افزایش عملکرد ذرت می‌شود (Beck and DeBoer, 1992; Reeves and Touchton, 1986; Ross, 1986).

گزارشات حاکی از کاهش عملکرد ریشه چغندرقند با انجام کم آبیاری و تنش خشکی بود (Sahin *et al.*, 2014; Mirzaei and Rezvani, 2012; Nourjou *et al.*, 2006; Jahadakbar *et al.*, 2003; Nuruzi *et al.*, 2007). نورجو و همکاران (Nourjou *et al.*, 2006) و میرزایی و قدمی (Mirzaei and Ghadami Firouzabadi, 2008) با هدف کاهش مصرف آب و دستیابی به کارآیی مصرف آب بیشتر، آبیاری بر اساس ۷۵ درصد نیاز آبی را که اثر معنی‌داری بر کاهش عملکرد در زراعت چغندرقند نداشت توصیه کردند.

این پژوهش با هدف بررسی اثر خاک‌ورزی بین ردیفی بعد از کاشت بر عملکرد کمی و کیفی چغندرقند و کارآیی مصرف آب در شرایط اقلیمی همدان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

بررسی اثر خاک‌ورزی بین ردیفی بعد از کاشت در دو سطح نیاز آبی بر عملکرد کمی و کیفی چغندرقند به مدت ۲ سال (۱۳۹۶–۱۳۹۵) در ایستگاه تحقیقاتی اکباتان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان با خاک لومی انجام شد. این ایستگاه در ۳۲َ و ۴۸ْ طول شرقی و ۵۲َ و ۳۴ْ عرض شمالی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۷۴۱ متر است.

این تحقیق در قالب طرح آزمایشی، کرت‌های یک‌بار خرد شده و در سه تکرار اجرا شد. آبیاری در دو سطح شامل: ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه (I1) و ۷۵٪ نیاز آبی گیاه (I2) به‌عنوان عامل اصلی و خاک‌ورزی بین ردیفی در چهار سطح شامل: کولتیواتور مرکب مجهز به تیغه‌های هلالی و قلمی به عمق ۲۵–۲۰ سانتی‌متر (T1)، کولتیواتور هلالی (T2)، کولتیواتور هلالی+ نیمه‌زیرشکن به عمق ۳۵–۳۰ سانتی‌متر (T3) و ماشین مرکب روتیواتور بین ردیفی مجهز به کولتیواتور دوار و تیغه پنجه‌غازی به عمق ۲۵–۲۰ سانتی‌متر (T4) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند (شکل ۱). ابتدا در بهار هر سال، قطعه زمینی به ابعاد ۱۰۰×۳۰ متر در ایستگاه تحقیقات اکباتان واقع در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان انتخاب شد. نمونه مرکب خاک از عمق ۳۰–۰ سانتی‌متر برداشت و جهت تجزیه معمول خاک‌شناسی و توصیه کودی به آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک و آب ارسال شد (جدول ۱). خاک‌ورزی اولیه با گاوآهن برگردان‌دار به عمق ۳۰ سانتی‌متر و خاک‌ورزی ثانویه با سیکلوتیلر و غلطک انجام شد. در سوم خردادماه، بذر چغندرقند (رقم شکوفا) به میزان ۲۵۰ هزار بوته در هکتار با بذرکار نیوماتیک شرکت تراشکده (با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بذرها از یکدیگر در روی ردیف ۸ سانتی‌متر) کشت شد. یک سوم کود اوره (معادل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و تمام کود سوپر فسفات تریپل (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) قبل از کاشت به زمین داده شد. مابقی کود اوره بعد از تنک چغندرقند، با آب آبیاری داده شد. اعمال تیمار آبیاری پس از استقرار کامل گیاه در اواخر تیرماه (حدوداً ۵۰ روز پس از آبیاری اول) به‌صورت بارانی (ویل موود) انجام گرفت. تیمارهای آبیاری شامل آبیاری ۱۰۰٪ و ۷۵٪ نیاز آبی چغندرقند بودند. تیمارهای خاک‌ورزی بین ردیفی T_1، T_2 و T_4 با یک‌بار عبور تراکتور و تیمار T_3 با دو بار حرکت تراکتور (یک‌بار کولتیواتور و یک‌بار زیرشکن) بعد از عملیات تنک در اواخر تیرماه انجام شد. در طول فصل رشد، چند نوبت سمپاشی بر علیه علف‌های هرز، آفات و قارچ‌ها و برای مبارزه با علف‌های هرز روی ردیف، یک بار وجین دستی اعمال شد.

برخی خواص فیزیکی خاک شامل چگالی ظاهری خاک و شاخص مخروط خاک بعد از انجام عملیات خاک‌ورزی بین ردیفی (اواخر تیرماه) در کف جویچه اندازه‌گیری شدند (جدول ۱).



شکل ۱- خاک‌ورزهای بین ردیفی (a- کولتیواتور مرکب مجهز به تیغه‌های قلمی و هلالی، b- کولتیواتور هلالی، c- کولتیواتور هلالی+ نیمه‌زیرشکن و d- ماشین مرکب روتیواتور بین ردیفی مجهز به کولتیواتور دوار و تیغه پنجه‌غازی)

Fig.1. Inter-row tillers (a- Combined cultivator equipped with chisel and crescent blades, b- Simple cultivator equipped with crescent blades ,c- Crescent cultivator + inter row and d- Combined cultivator equipped with rotary and sweep blades)

جدول ۱- برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک محل آزمایش

Table 1- Some soil physical and chemical properties of the test site

عمق خاک Soil depth (cm)	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS. m^{-1})	اسیدیته خاک (pH)	کربن-آلی O.C (٪)	نیتروژن کل Total nitrogen (٪)	فسفر قابل جذب Available phosphorus (mg. kg^{-1})	پتاسیم قابل جذب Available potassium (mg. kg^{-1})	شن Sand (٪)	سیلت Silt (٪)	رس (٪) Clay	بافت Texture
0-30	0.85	8.09	0.33	0.03	49.60	6.24	45.50	29.20	25.30	Loam

روش اندازه‌گیری چگالی ظاهری خاک

برای تعیین چگالی ظاهری خاک، با استفاده از سیلندرهایی به قطر ۷/۸ سانتی‌متر و ارتفاع ۴ سانتی‌متر، نمونه‌های دست نخورده از عمق‌های ۱۰-۰، ۲۰-۱۰ و ۳۰-۲۰ سانتی‌متری از کف جوی برداشت شد. استوانه‌ها را در داخل آون تحت دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا خاک خشک شود. سپس استوانه‌ها را از آون خارج نموده و پس از سرد شدن وزن شد. برای محاسبه چگالی ظاهری خاک از رابطه (۱) استفاده شد (Alizadeh, 2008). بلافاصله بعد از اعمال تیمارهای خاک‌ورزی، آبیاری انجام شد و دو روز پس از آن این پارامتر اندازه‌گیری شد.

$$BD = \frac{W_s}{V} \quad (۱)$$

که در آن BD، چگالی ظاهری خاک (g.cm^{-1})، W_s جرم خاک خشک (g) و V حجم کل خاک (cm^3) می‌باشد.

روش اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی خاک (شاخص مخروط)

به‌منظور اندازه‌گیری شاخص مخروطی خاک از دستگاه فروسنج (مدل Sp1000، ساخت کشور اسکاتلند) با قطر مخروط ۱۲/۸۳ میلی‌متر و زاویه راس۳۰ درجه استفاده شد (شکل ۲). در هر کرت، از ۱۰ نقطه و تا عمق ۳۵ سانتی‌متر خاک، شاخص مخروطی در محل کف جوی اندازه‌گیری شد. شاخص مخروط بعد از اعمال تیمارهای خاک‌ورزی بین ردیفی (اواخر تیرماه) و دو روز بعد از آبیاری مزرعه اندازه‌گیری شد و رطوبت وزنی خاک در اعماق ۱۰، ۲۰، ۳۰ سانتی‌متری خاک به‌ترتیب ۱۲/۶، ۱۳/۱ و ۱۴/۵ درصد بر پایه خشک بود که با روش اندازه‌گیری مستقیم (برداشت نمونه و سپس خشک کردن در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت) انجام شد.



شکل ۲- فروسنج
Fig.2. Penetrometer

اندازه‌گیری مقدار آب مصرفی و کارآیی مصرف آب

آبیاری با دور یک هفته به‌طور یکسان تا قبل از اعمال تیمار نیاز آبی در کلیه پلات‌ها انجام شد. برای اعمال تیمارهای آبیاری ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی، مقدار آب مورد نیاز در هر نوبت آبیاری، با اندازه‌گیری رطوبت خاک به‌صورت وزنی تا عمق ۴۵ سانتی‌متری تعیین و با استفاده از رابطه (۲) ارتفاع آب آبیاری محاسبه شد:

$$D = \rho_b \left(\theta_{fc} - \theta_i\right) \times h \qquad (۲)$$

که در آن D ارتفاع آب آبیاری، θ_{fc}رطوبت وزنی خاک در ظرفیت مزرعه، θ_i رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری، ρ_b چگالی ظاهری خاک و h عمق توسعه ریشه (در این آزمایش بر اساس اندازه‌گیری داخل مزرعه ۴۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد) می‌باشد. به‌منظور اندازه‌گیری حجم آب آبیاری از کنتور حجمی استفاده شد. به منظور محاسبه کارآیی مصرف آب آبیاری، مجموع آب مصرفی برای هر یک از تیمارهای آبیاری محاسبه و سپس با توجه به مقادیر عملکرد ریشه و شکر و شکر سفید مقادیر کارآیی مصرف آب از رابطه (۳) محاسبه شد (Howell, 2001):

$$IWUE = \frac{Y_i - Y_d}{I_i} \qquad (۳)$$

که در آن IWUE کارآیی مصرف آب آبیاری ($kg.m^{-3}$)، Y_i عملکرد محصول با آبیاری ($kg.ha^{-1}$)، Y_d عملکرد محصول در حالت دیم ($kg.ha^{-1}$) و I_i آب آبیاری به‌کار برده شده ($m^3.ha^{-1}$) می‌باشد.

در ادامه از واژه کارآیی مصرف آب به‌جای کارآیی مصرف آب آبیاری استفاده می‌شود.

اندازه‌گیری عملکرد ریشه و شاخص‌های کیفی چغندرقند

برای تعیین عملکرد ریشه در هر پلات از دو خط میانی به طول ۵ متر، غده‌های چغندرقند برداشت و با احتساب نسبت جرم به سطح برداشت شده، عملکرد محصول بر حسب کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. از نمونه‌ها، خمیر تهیه شد و برای اندازه‌گیری فاکتورهای درصد قند، درصد قند سفید، درصد قند ناخالص (ملاس)، ضریب استحصال شکر، سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره به موسسه تحقیقات چغندرقند انتقال یافت. اندازه‌گیری قند به روش سرد با به‌کار بردن شفاف‌کننده سولفات آلومینیوم مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۶۸۹۵ انجام شد. داده‌های حاصل از بررسی‌های آزمایشگاهی، مزرعه‌ای و همچنین عملکرد تیمارها مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته و از آزمون چند دامنه‌ای دانکن جهت مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر روش‌های خاک‌ورزی بین ردیفی بر شاخص مخروط خاک

نتایج تجزیه واریانس اثر خاک‌ورزی بین ردیفی بر شاخص مخروط خاک در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود اثر خاک‌ورزی بین ردیفی بر شاخص مخروط خاک معنی‌دار بوده و در بین تیمارهای خاک‌ورزی، تیمار T_3 (کولتیواتور هلالی + نیمه‌زیرشکن به عمق ۳۵-۳۰ سانتی‌متر) کمترین مقدار شاخص مخروط خاک که معیاری از مقاومت مکانیکی خاک می‌باشد، داشته است (جدول ۳). همان‌گونه که مشاهده می‌شود تا عمق ۳۵ سانتی‌متری خاک که در محدوده عمق کار زیرشکن می‌باشد این تیمار کمترین مقدار شاخص مخروطی خاک را دارد. نتیجه به‌دست آمده را می‌توان به گسیختگی بیشتر در ردیف‌های کاشت با انجام زیرشکنی مرتبط دانست. نتایج به‌دست آمده با گزارش گیومان و همکاران (Guaman *et al.*, 2016) و حیدری و همکاران (Heidari *et al.*, 2014) مبنی بر کاهش بیشتر مقاومت خاک با انجام زیرشکنی بین ردیفی منطبق است. تا عمق ۲۰ سانتی‌متری بعد از تیمار T_3، تیمار T_1 (کولتیواتور مرکب مجهز به تیغه‌های هلالی و قلمی به عمق ۲۵-۲۰ سانتی‌متر) کمترین مقدار شاخص مخروط خاک را داشته است که این نتیجه با توجه به عمق کار این وسیله قابل پیش‌بینی بود. اما در خصوص تیمار T_4 ممکن است واحد کولتیوار دوار که عملکردی مشابه روتیواتور دارد باعث فشردگی خاک شده باشد. استالهام و همکاران (Stalham *et al.*, 2007) نیز گزارش نمودند که ریشه اکثر گیاهان قادر به نفوذ در خاک‌های با مقاومت ۳-۲ مگاپاسگال می‌باشند.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر خاک‌ورزی بین ردیفی بر شاخص مخروطی خاک

Table 2- Variance analysis of inter-row tillage effect on soil cone index

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عمق خاک Soil depth (mm)						
		50	100	150	200	250	300	350
Year سال	1	79350 ns	432016.7 *	510416.7 *	173400 ns	254204.2 ns	292604.2 ns	2204.2 **
Error خطا	4	40383.3	48441.7	34154.2	67658.3	182345.8	322529.2	563466.7
خاک ورزی بین ردیفی Inter-row tillage	3	28633.3 *	143694.4 **	74494.4 *	25022.2 *	38970.8 *	256637.5 *	492181.9 *
سال در خاک‌ورزی بین ردیفی Yr*Inter-row tillage	3	5894.4 ns	42894.4 *	24227.8 ns	24844.4 ns	72693 ns	88837.5 ns	46037.5 ns
Error خطا	12	5988.9	9036.1	16731.9	13625	16273.6	53545.8	153072.2

*, **: Significant at 5 and 1% of probability levels, respectively.

ns: Non Significant

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns غیر معنی‌دار

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر روش‌های خاک‌ورزی بین ردیفی بر شاخص مخروط خاک (مگا پاسکال)

Table 3- Mean comparison of inter-row tillage methods effect on soil cone index (MPa)

خاک‌ورزی بین ردیفی Inter-row tillage	عمق خاک Soil depth (mm)						
	50	100	150	200	250	300	350
T_1	0.2 b	0.4bc	0.51 a	0.58ab	0.8 a	1.2 a	1.92 a
T_2	0.35 a	0.65 a	0.6 a	0.66 a	0.75ab	1.21 a	1.88 a
T_3	0.21 b	0.28 c	0.33 b	0.5 b	0.61 b	0.77 b	1.34 b
T_4	0.27ab	0.5ab	0.53 a	0.6ab	0.72ab	1.01ab	1.5ab

اعداد هر ستون که دارای حروف یکسانی هستند تفاوت آماری بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Numbers, in each column, followed by the same letter(s) are not significantly different at 5 % of probability level based on Duncan's multiple range tests.

اثر روش‌های خاک‌ورزی بین ردیفی بر چگالی ظاهری خاک

نتایج تجزیه واریانس اثر روش‌های خاک‌ورزی بین ردیفی بر چگالی ظاهری خاک در جدول ۴ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود اثر روش‌های خاک‌ورزی بین ردیفی بر این شاخص در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک معنی‌دار بوده است و در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متری خاک، تیمار T_3 (کولتیواتور هلالی + نیمه‌زیرشکن به عمق ۳۵-۳۰ سانتی‌متر) و تیمار T_1 (کولتیواتور مرکب مجهز به تیغه‌های قلمی و هلالی به عمق ۲۵-۲۰ سانتی‌متر) کمترین مقدار چگالی ظاهری خاک را نسبت به دو تیمار دیگر داشتند. در اعماق ۲۰-۱۰ و ۳۰-۲۰ سانتی‌متری خاک، تیمار تیمار T_3 (کولتیواتور هلالی + نیمه‌زیرشکن به عمق ۳۵-۳۰ سانتی‌متر) نسبت به تیمارهای دیگر کمترین مقدار چگالی ظاهری خاک را داشت (جدول ۵).

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر خاک‌ورزی بین ردیفی بر چگالی ظاهری خاک

Table 4- Variance analysis of inter-row tillage effect on soil bulk density

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عمق خاک Soil depth (mm)		
		0-100	100-200	200-300
Year سال	1	416.6 ns	40837.5 **	12604.1 **
Error خطا	4	2566.6	725	154.1
خاک ورزی بین ردیفی Inter-row tillage	3	5394.4 **	45670.8 **	31781.9 **
سال در خاک‌ورزی بین ردیفی Yr*Inter-row tillage	3	3394.4 **	7570.8 **	16448.6 **
Error خطا	12	327.7	1141.6	315.2

*, **: Significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

ns : None. Significant

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns غیر معنی‌دار

جدول ۵– مقایسه میانگین اثر روش‌های خاک‌ورزی بین ردیفی بر چگالی ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)

Table 5- Mean comparison of inter-row tillage methods effect on soil bulk density ($g.cm^{-3}$)

خاک‌ورزی بین ردیفی Inter-row tillage	عمق خاک Soil depth (mm)		
	0-100	100-200	200-300
T_1	1.18 b	1.39 a	1.49 a
T_2	1.22 a	1.45 a	1.48 a
T_3	1.18 b	1.26 b	1.36 b
T_4	1.23a	1.45 a	1.47 a

اعداد هر ستون که دارای حروف یکسانی هستند تفاوت آماری بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ ندارند.

Numbers, in each column, followed by the same letter(s) are not significantly different at 1 % of probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

جدول ٦– تجزیه واریانس اثر تیمار بر عملکرد کمی و کیفی چغندرقند

Table 6- Analysis of variance of treatment effect on quantitative and qualitative yield of sugar beet

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد ریشه Root yield	عملکرد شکر Sugar yield	عملکرد شکر سفید White sugar yield	عملکرد قند ناخالص (ملاس) Molasses yield	سدیم Na	پتاسیم K	نیتروژن مضره N	ضریب استحصال شکر White sugar content
Year سال	1	164.28^{ns}	44.88^{ns}	56.58^{ns}	0.77^{ns}	47.7^{**}	0.32^{ns}	0.96^{ns}	896.7^{ns}
R (Y)	4	60.38	0.66	0.34	0.08	0.52	0.78	0.07	8.7
Irrigation آبیاری	1	164.28^{ns}	1.61^{ns}	0.57^{ns}	0.18^{ns}	0.01^{ns}	0.07^{ns}	0.04^{ns}	1.07^{ns}
سال در آبیاری Y*I	1	110.41^{ns}	5.22^{ns}	4.22^{ns}	0.03^{ns}	0.22^{ns}	0.95^{ns}	0.16^{ns}	23.06^{ns}
Error خطا	1	91.85	2.16	1.05	0.16	0.16	0.7	0.2	4.5
خاک‌ورزی بین ردیفی Inter-row tillage	3	37.92^{ns}	0.84^{ns}	0.38^{ns}	0.1^{ns}	0.19^{ns}	0.7^{ns}	0.26^{ns}	9.7^{ns}
سال در خاک‌ورزی بین ردیفی Y*T	3	59.42^{ns}	1.39^{ns}	0.99^{ns}	0.05^{ns}	0.21^{ns}	0.57^{ns}	0.18^{ns}	6.47^{ns}
آبیاری×خاک‌ورزی بین ردیفی I*T	3	29.43^{ns}	1.03^{ns}	0.91^{ns}	0.04^{ns}	0.14^{ns}	0.52^{ns}	0.25^{ns}	7.52^{ns}
سال×آبیاری×خاک‌ورزی بین ردیفی Y*I*T	3	50.62^{ns}	1.34^{ns}	0.75^{ns}	0.09^{ns}	0.08^{ns}	0.27^{ns}	0.24^{ns}	7.04^{ns}
Error خطا	24	51.92	1.22	0.76	0.06	0.11	0.24	0.11	3.94
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (٪)		15.06	14.29	14.32	17.85	16.4	7.5	14.86	2.54

*, **: Significant at 5% and 1% of probability levels, respectively

ns: None. Significant

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns غیر معنی‌دار

به علت نفوذ بهتر زیرشکن به عمق‌های پایین‌تر خاک و نیز گسیختگی بیشتر خاک، کارآیی این وسیله در کاهش فشردگی خاک نسبت به بقیه تیمارها بهتر بوده است. در عمق ۲۰-۱۰ سانتی‌متری خاک، بعد از تیمار T_3، تیمار T_1 (کولتیواتور مرکب مجهز به تیغه‌های قلمی و هلالی به عمق ۲۵-۲۰ سانتی‌متر) کمترین مقدار چگالی ظاهری خاک را داشته است که این نتیجه با توجه به عمق کار این وسیله بوده است. در عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متری خاک به‌جز تیمار زیرشکن بقیه تیمارها با توجه به عمق کارشان نتوانسته‌اند این محدوده از خاک را تحت تاثیر قرار دهند. مجهز بودن تیمار T_4 به کولتیوار دوار، احتمالاً در متراکم نمودن خاک موثر بوده است.

اثر خاک‌ورزی بین‌ردیفی و آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی چغندرقند

نتایج تجزیه واریانس اثر آبیاری و خاک‌ورزی بین ردیفی بر عملکرد ریشه و معیارهای کمی چغندرقند نشان داد که اثرات آبیاری و خاک‌ورزی بین ردیفی و نیز اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد کمی و

کیفی چغندرقند معنی‌دار نبوده است (جدول ۶). با توجه به این‌که شاخص مخروط خاک در تمام تیمارها کمتر از ۲ مگا پاسگال می‌باشد، بنابراین تراکم خاک در حدی نبوده است که روی رشد ریشه و عملکرد تاثیر منفی داشته باشد. نتیجه به‌دست آمده منطبق بر گزارش (Stalham *et al.*, 2007) می‌باشد. افضلی نیا و همکاران (Afzalinia *et al.*, 2008) نیز گزارش نمودند که اثر انواع کولتیواتور بر عملکرد ریشه و میزان قند چغندرقند معنی‌دار نبوده است. تیمار T_3 (کولتیواتور هلالی + نیمه‌زیرشکن به عمق ۳۵-۳۰ سانتی‌متر) نسبت به روش‌های دیگر خاک‌ورزی بین ردیفی بیشترین اثر را بر کاهش شاخص مخروطی و چگالی ظاهری خاک داشت ولیکن کمترین عملکرد ریشه چغندرقند را به خود اختصاص داد (جدول ۷). با توجه به فاصله کم ردیف‌ها (۵۰ سانتی‌متر) در زراعت چغندرقند و نیز ساختار زیرشکن و عمق کار آن، احتمالاً زیرشکنی موجب جابه‌جایی ریشه‌ها و آسیب جزیی به آن‌ها شده است. هنریکسون و همکاران (Henriksen *et al.*, 2005) نیز گزارش دادند که زیرشکنی داخل ردیف بعد از کاشت دارای ریسک بالایی در صدمه به محصول چغندرقند می‌باشد و نمی‌توان انتظار افزایش عملکرد را داشت.

جدول ۷ – مقایسه میانگین عملکرد کمی و کیفی چغندرقند در تیمارهای مختلف

Table 7- Mean comparison of quantitative and qualitative yield of sugar beet in different treatments

آبیاری Irrigation	خاک‌ورزی بین ردیفی Inter-row tillage	عملکرد ریشه Root yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد شکر Sugar yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد شکر سفید White sugar yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد قند ناخالص Molasses yield ($t.ha^{-1}$)	سدیم Na (%)	پتاسیم K (%)	نیتروژن مضره N (%)	ضریب استحصال شکر White sugar content (%)
I_1		49.708a	7.907a	6.187a	1.419a	1.969a	6.641a	2.215a	78a
I_2		46.008a	7.540a	5.967a	1.295a	1.996a	6.563a	2.276a	78.3a
خاک‌ورزی بین ردیفی Inter-row tillage									
	T_1	46.983a	7.707a	6.065a	1.361a	1.929a	6.762a	2.252a	78.3a
	T_2	49.350a	7.946	6.269a	1.374a	2.011a	6.464a	2.102a	78.4a
	T_3	45.775a	7.356a	5.845a	1.237a	1.847a	6.338a	2.183a	79.1a
	T_4	49.325a	7.885	6.130a	1.455a	2.144a	6.844a	2.446a	76.9a
آبیاری Irrigation	خاک‌ورزی بین ردیفی Inter-row tillage								
I_1	T_1	46.783a	7.481a	5.776a	1.425a	2.015a	7.002a	2.330a	77.2a
	T_2	52.917a	8.416a	6.586a	1.500a	2.023a	6.568a	2.117a	78.2a
	T_3	47.517a	7.575a	5.987a	1.304a	1.863a	6.402a	2.213a	79
	T_4	51.617a	8.154a	6.398a	1.446a	1.975a	6.593a	2.202a	77.7a
I_2	T_1	47.183a	7.933a	6.354a	1.296a	1.843a	6.522a	2.173a	79.4a
	T_2	45.783a	7.475	5.952a	1.248a	1.998a	6.360a	2.087a	78.6a
	T_3	44.033a	7.137a	5.703a	1.170a	1.830a	6.275a	2.153a	79.1a
	T_4	47.033a	7.615a	5.863a	1.464a	1.313a	7.095a	2.690a	76.1a

اعداد هر ستون که دارای حروف یکسانی هستند تفاوت آماری بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Numbers, in each column, followed by the same letter(s) are not significantly different at 5 % of probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

کارآیی مصرف آب

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر کارآیی مصرف آب نشان داد که خاک‌ورزی بین ردیفی بر کارآیی مصرف آب معنی‌دار نشده است. اثر نیاز آبی بر کارآیی مصرف آب بر اساس عملکرد شکر و شکر سفید در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). نیاز آبی ۷۵ درصد نسبت به ۱۰۰ درصد باعث افزایش کارآیی مصرف آب بر اساس عملکرد ریشه، عملکرد شکر و عملکرد شکر سفید به‌ترتیب به میزان، ۴ درصد، ۱۴ درصد و ۷ درصد شد (جدول ۹). بنابراین با هدف کاهش مصرف آب و عدم کاهش معنی‌دار عملکرد، می‌توان پس از استقرار گیاه حدود ۲۵٪ مصرف آب را کاهش داد. مقدار کل کاهش در مصرف آب در طول زمان رشد گیاه حدود ۱۵٪ بود. نورجو و همکاران (Nourjou *et al.*, 2006) و میرزایی و قدمی (Mirzaei and Ghadami Firouzabadi, 2008) نیز تیمار ۷۵٪ نیاز آبی را در زراعت چغندرقند توصیه نمودند. در تیمار آبی ۷۵٪ درصد نیاز آبی، روش خاک‌ورزی بین ردیفی T_1 (کولتیواتور مرکب مجهز به تیغه‌های قلمی (عمق ۲۵-۲۰سانتی‌متر)) نسبت به دیگر روش‌های خاک‌ورزی بین ردیفی باعث افزایش بیشتر کارآیی مصرف آب بر اساس عملکرد ریشه، شکر و شکر سفید شد.

جدول ۸- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمار بر کارآیی مصرف آب

Table 8- Analysis of variance of treatment effect on water use efficiency

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کارآیی مصرف آب بر اساس عملکرد ریشه Water use efficiency based on root yield	کارآیی مصرف آب بر اساس عملکرد شکر Water use efficiency based on sugar yield	کارآیی مصرف آب بر اساس عملکرد شکر سفید Water use efficiency based on White sugar yield
Year سال	1	71.724^{**}	3.546^{**}	3.068^{**}
R (Y)	4	0.629	0.013	0.007
Irrigation آبیاری	1	4.745^{ns}	0.181^{*}	0.139^{*}
سال در آبیاری Y*I	1	2.289^{ns}	0.173^{ns}	0.148^{*}
Error خطا	1	1.433	0.027	0.013
خاک‌ورزی بین ردیفی Inter-row tillage	3	0.519^{ns}	0.014^{ns}	0.007^{ns}
سال در خاک‌ورزی بین ردیفی Y*T	3	1.209^{ns}	0.02^{ns}	0.014^{ns}
آبیاری×خاک‌ورزی بین ردیفی I*T	3	0.294^{ns}	0.017^{ns}	0.014^{ns}
سال×آبیاری×خاک‌ورزی بین ردیفی Y*I*T	3	0.968^{ns}	0.019^{ns}	0.011^{ns}
Error خطا	24	0.708	0.017	0.011
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (٪)		14.83	13.95	13.94

*, **: Significant at 5% and 1% of probability levels, respectively

^{ns}: Non. Significant

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns غیر معنی‌دار

جدول ۹ – میانگین کارآیی مصرف آب در تیمارهای مختلف

Table 9- Mean of water use efficiency in different treatments

آبیاری Irrigation		کارآیی مصرف آب بر اساس عملکرد شکر Water use efficiency based on sugar yield (kg. m^{-3})	کارآیی مصرف آب بر اساس عملکرد شکر Water use efficiency based on sugar yield (kg. m^{-3})	کارآیی مصرف آب بر اساس عملکرد شکر سفید Water use efficiency based on White sugar yield (kg. m^{-3})
I_1		5.361a	0.875b	0.690b
I_2		5.575a	0.998a	0.738a
خاک‌ورزی بین ردیفی Inter-row tillage				
T_1		5.585a	0.931a	0.740a
T_2		5.749a	0.964a	0.768a
T_3		5.442a	0.890a	0.713a
T_4		5.361a	0.961a	0.754a
آبیاری Irrigation	خاک‌ورزی بین ردیفی Inter-row tillage			
I_1	T_1	5.046a	0.818a	0.638a
	T_2	5.532a	0.937a	0.739a
	T_3	5.139a	0.830a	0.660a
	T_4	5.727a	0.915a	0.723a
I_2	T_1	6.124a	1.044a	0.842a
	T_2	5.967a	0.990a	0.796a
	T_3	5.746a	0.951a	0.767a
	T_4	5.121a	1.007a	0.785a

اعداد هر ستون که دارای حروف یکسانی هستند تفاوت آماری بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن درسطح احتمال ۵٪ ندارند.

Numbers, in each column, followed by the same letter(s) are not significantly different at 5 % of probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

نتیجه‌گیری

اثر خاک‌ورزی بین ردیفی بر شاخص مخروط و چگالی ظاهری خاک معنی‌دار شد و تیمار زیرشکن نسبت به بقیه روش‌های خاک‌ورزی بین ردیفی، موجب کاهش بیشتر این دو شاخص شد. اثر روش‌های خاک‌ورزی بین ردیفی و سطوح آبیاری بر عملکرد ریشه و شکر معنی‌دار نشدند. بر اساس نتایج به‌دست آمده از تاثیر میزان نیاز آبی بر کارآیی مصرف آب، پس از استقرار کامل گیاه، می‌توان آب مصرفی را در حدود ۲۵ درصد کاهش داد (این کاهش در کل طول رویش چغندرقند در حدود ۱۵ درصد بود).

پیشنهادات

با توجه به اثر منفی زیرشکنی بین ردیفی بر عملکرد چغندرقند، توصیه می‌شود از انجام زیرشکنی بین ردیفی در محصولات ردیفی همچون چغندرقند که فاصله ردیف‌های کاشت آن کم است، اجتناب شود. استفاده از کولتیواتور مرکب (تیغه‌های قلمی و هلالی) و کم آبیاری (کاهش ۲۵ درصد آب مصرفی پس از استقرار گیاه) در زراعت چغندرقند پیشنهاد می‌شود. همچنین در تحقیقات بعدی توصیه می‌شود تیمار بدون خاک‌ورزی در زمان داشت در کنار بقیه روش‌های خاک‌ورزی بین ردیفی مورد بررسی قرار گیرد.

References

1. Afzalinia, S., M. Niroumand Jahromi, and D. Mohammadi. 2008. The effect of row crop cultivator types on sugar beet yield and quality. Jornal of Agricultural Engineering Research 9: 57-68.
2. Ahmadi, K., H. R. Abadzadeh, H. Abdshah, A. Kazemian, and M. Rafee. 2018. Aricultural Statistics (2016-2017). Ministry of Agricultural Jihad.
3. Alizadeh, A. 2008. Soil, water, plant relationship. Emam Reza University Press.
4. Beck, D. L., and D. W. DeBoer. 1992. Post-emergence, inter-row tillage to enhance infiltration under sprinkler irrigation. Soil and Tillage Research 23: 111-123.
5. Chancy, H., and E. Kamprath. 1982. Effects of Deep Tillage on N Response by Corn on a Sandy Coastal Plain Soil 1. Agronomy Journal 74: 657-662.
6. Ekelöf, J., V. Guamán, E. Jensen, and P. Persson. 2015. Inter-row subsoiling and irrigation increase starch potato yield, phosphorus use efficiency and quality parameters. Potato Research 58: 15-27.
7. Friessleben, G. 1981. Investigations into mechanical and chemical post-planting cultivation of potatoes on a loess site. Archiv für Acker und Pflanzenbau und Bodenkunde 25: 301-310.
8. Guaman, V., B. Båth, J. Hagman, A. Gunnarsson, and P. Persson. 2016. Short time effects of biological and inter-row subsoiling on yield of potatoes grown on a loamy sand, and on soil penetration resistance, root growth and nitrogen uptake. European Journal of Agronomy 80: 55-65.
9. Haghayeghi, A., Gh. Tohidloo, and H. Sareghaen. 2005. Water use efficiency and yield of sugar beet under sprinkler and furrow irrigation. Journal of Agricultural Engineering Research 22: 1-14.
10. Hamza, M., and W. Anderson. 2005. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. Soil and Tillage Research 82: 121-145.
11. Heidari, A., A. Hemmat, and S. Rezvani. 2014. The effect of inter-row tillage on potato yield quality and quantity and water use efficiency in a fine-textured Soil. JWSS-Isfahan University of Technology 18: 35-44.
12. Henriksen, C. B., J. Rasmussen, and C. Søgaard. 2005. Kemink subsoiling before and after planting. Soil and Tillage Research 80: 59-68.
13. Howell, T. A. 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. Agronomy Journal 93: 281-289.
14. Ibrahim, B., and D. Miller. 1989. Effect of subsoiling on yield and quality of corn and potato at two irrigation frequencies. Soil science society of America journal 53: 247-251.
15. Jahadakbar, M., H. R. Ebrahimian, M. Torabi, and J. Gohari. 2003. Effect of water deficit on sugar beet quality and quantity in Kabotarabad-Esfahan.
16. Larney, F., and R. Fortune. 1986. Recompaction effects of mouldboard ploughing and seedbed cultivations on four deep loosened soils. Soil and Tillage Research 8: 77-87.
17. Miller, D., and M. Martin. 1990. Responses of three early potato cultivars to subsoiling and irrigation regime on a sandy soil. American Potato Journal 67: 769-777.
18. Mirzaei, M. R., and A. Ghadami Firouzabadi. 2008. Investigation of quantity and quality characters of Sugar Beet crop under Furrow and micro irrigation Systems in hamedan Jornal of Sugar beet 23: 111-122.
19. Mirzaei, M. R., and S. Rezvani. 2012. Effects of deficit irrigation levels at four growth stages on yield and quality of sugar beet. Iranian Journal of Crop Sciences 14: 94-107.
20. Nawaz, M. F., G. Bourrie, and F. Trolard. 2013. Soil compaction impact and modelling. A review. Agronomy for Sustainable Development 33: 291-309.
21. Nourjou, A., F. Abbasi, A. Jodaei, and M. Baghaei Kia. 2006. The effect of deficit irrigation on the quality and quantity of sugar beet in Miandoab region. Jornal of Sugar beet 22: 53-66.

22. Nuruzi, A., M. A. D. Rezvani, K. Azari, and A. M. Jafari. 2007. Impacts of different irrigation systems on nitrogen and water use efficiency and the quality and quantity of sugar beet yield. Agricultural Scientific Information and Documentation Centre, Agricultural Research and Education Organization. Report no. 375.
23. Pierce, F., and C. G. Burpee. 1995. Zone tillage effects on soil properties and yield and quality of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). Soil and Tillage Research 35: 135-146.
24. Reeves, D., and J. Touchton. 1986. Effects of in-row and interrow subsoiling and time of nitrogen application on growth, stomatal conductance and yield of strip-tilled corn. Soil and tillage research 7: 327-340.
25. Ross, C. 1986. The effect of subsoiling and irrigation on potato production. Soil and Tillage Research 7: 315-325.
26. Sahin, U., S. Ors, F. M. Kiziloglu, and Y. Kuslu. 2014. Evaluation of water use and yield responses of drip-irrigated sugar beet with different irrigation techniques. Chilean Journal of Agricultural Research 74: 302-310.
27. Sojka, R., D. Westermann, D. Kincaid, I. McCann, J. Halderson, and M. Thornton. 1993. Zone-subsoiling effects on potato yield and grade. American Potato Journal 70: 475-484.
28. Stalham, M., E. Allen, A. Rosenfeld, and F. Herry. 2007. Effects of soil compaction in potato (*Solanum tuberosum*) crops. The Journal of Agricultural Science 145: 295-312.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 10, No. 2, Fall- Winter 2020, p. 313-323

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۹، ص ۳۲۳-۳۱۳

Effect of Inter-row Tillage on Yield and Water Productivity of Sugar Beet

A. Heidari[1*]

Received: 04-12-2018
Accepted: 06-03-2019

Introduction: Soil compaction reduces soil porosity and thus, increases the resistance and bulk density of the soil. These changes limit water and air movement and root penetration in the soil and ultimately, they may reduce the seed germination and the crop yield. For planting sugar beets, tractors and equipment need to move several times on the ground, which is a factor in soil re-compaction and the loss of the effects of previous tillage. Therefore, if, after planting, inter-row tillage was done, it can have a positive effect on reducing the bulk density of the soil and it may even increase yield.

Materials and Methods: An experiment was conducted to determine the effect of inter-row tillage on the sugar beet yield and its quality and water use efficiency during two years cropping period (2016-2017) in Ekbatan Research Station, Hamadan with loam texture soil. A strip plot experiment with eight treatments and three replications was used. Irrigation regimes consist of 100% of sugar beet water requirement (I_1) and 75% of sugar beet water requirement (I_2) were considered as main plots. Inter-row tillage operations consist of combined cultivator equipped with chisel and crescent blades to 20-25 cm soil depth (T_1), a simple cultivator equipped with crescent blades (T_2), crescent cultivator + inter-row subsoiling to 30-35 cm soil depth (T_3), combined cultivator equipped with rotary and sweep blades to 20-25 cm soil depth were considered (T_4) as sub-plots. During the experiment, some physical properties of soil including bulk density and soil cone index were measured. At the end of the growth season, the root yield and yield of white sugar were measured and analyzed statistically.

Results and Discussion: The results showed that the effect of inter-row tillage methods on the soil bulk density and soil cone index was significant. The T_3 treatment (crescent cultivator + inter-row subsoiling to 30-35 cm soil depth) had the highest effect on reducing the cone index and bulk density of soil, but the lowest root yield was obtained. Due to the low spacing of rows (50 cm) in the sugar beet cultivation, as well as the structure of the subsoiler and its depth, it is possible that the subsoiling caused the moving of the roots and minor damage to it. The effects of irrigation and inter-row tillage and their interactions on quantitative and qualitative yield of sugar beet were not significant. The results of analysis of variance of treatment effect on the water use efficiency showed that the effect of inter-row tillage on the water use efficiency was not significant. The effect of water requirement on the water use efficiency on the basis of sugar and white sugar performance was significant at 5% probability level. The treatment of 75% of water requirement increased the efficiency of water use based on the root yield, sugar yield and white sugar yield by 4%, 14% and 7%, respectively. Therefore, with the goal of reducing water consumption and not significantly reducing the yield, after plant establishment, it can reduce water use by about 25%.

Conclusions: The effect of inter-row tillage on the cone index and bulk density of soil was significant and subsoiling treatment caused a further reduction of these two indices compared to the other inter-row tillage methods. The effect of inter-row tillage and water requirement on root and sugar yields was not significant. According to the results, after planting completely establishment, the water use can be reduced by about 25% (this decrease in the total length of sugar beet growing was about 15%).

Keywords: Cultivator, Inter-row subsoiling, Soil compaction, Sugar beet, Water requirements

1- Department of Agricultural Engineering, Research Agricultural and Natural Resource and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Hamadan, Iran
(*- Corresponding Author Email: heidari299@ yahoo.com)